

PATENT APPLICATION
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

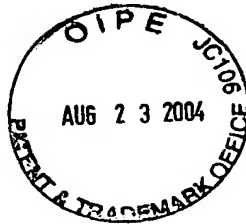
Docket No: **Q81007**

Yasushi OKUBO, et al.

Appln. No.: **10/820,785**

Confirmation No.: **8719**

Filed: **April 09, 2004**



Group Art Unit: Not yet assigned

Examiner: Not yet assigned

For: **METHOD OF MANUFACTURING A PHOTOMASK, AND PHOTOMASK
BLANK**

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is one (1) certified copy of the priority document on which a claim to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority document.

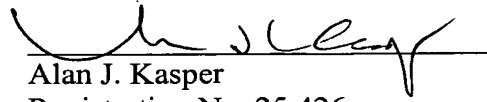
Respectfully submitted,

SUGHRUE MION, PLLC
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

WASHINGTON OFFICE

23373

CUSTOMER NUMBER


Alan J. Kasper
Registration No. 25,426

Enclosures: JAPAN 2003-105921
AJK/lck
Date: August 23, 2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 4月 9日

出願番号
Application Number: 特願2003-105921
[ST. 10/C]: [JP2003-105921]

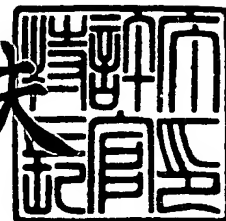
出願人
Applicant(s): HOYA株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2004年 5月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P03HYE001

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G03F 1/14
H01L 21/027

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 H O Y A 株式会社
内

【氏名】 大久保 靖

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 H O Y A 株式会社
内

【氏名】 原 睦美

【特許出願人】

【識別番号】 000113263

【住所又は居所】 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号

【氏名又は名称】 H O Y A 株式会社

【代表者】 鈴木 洋

【代理人】

【識別番号】 100103676

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤村 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 056018

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0108561

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトマスクの製造方法、及びフォトマスクブランク

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透光性基板上にクロムを含む材料からなる遮光膜を有し、かつ、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスクの製造方法において、

前記遮光膜のエッチングマスクとして、少なくとも無機系エッチングマスクパターンを用いたことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 2】 透光性基板上にクロムを含む材料からなる遮光膜を有し、かつ、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスクの製造方法において、

クロムを含む材料からなる遮光膜上に、無機系エッチングマスク層と、レジスト膜と、を少なくとも有するフォトマスクブランクを準備する工程と、

所望のレジストパターンを形成した後、ドライエッチングにより前記無機系エッチングマスク層をパターンニングして無機系エッチングマスクパターンを形成する工程と、

少なくとも前記無機系エッチングマスクパターンをマスクとしてドライエッチングにより前記遮光膜をパターンニングして遮光パターンを形成する工程と、を含むことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 3】 少なくとも前記無機系エッチングマスクパターンを用いて前記クロムを含む材料からなる遮光膜をエッチングする際に、ラジカル主体のドライエッチングであってイオン性を高めたドライエッチングを組み合わせ採用することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 4】 前記無機系エッチングマスクパターンの材料として、イオン主体のドライエッチングが可能であって、かつ、高い CD 精度で無機系エッチングマスクパターンを形成し得る材料を採用すると共に、イオン主体のドライエッチングによって無機系エッチングマスク層をエッチング加工して前記無機系エッチングマスクパターンを形成することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 5】 前記無機系エッチングマスクパターンを用いて前記クロムを含む材料からなる遮光膜を、ラジカル主体のドライエッチングであってイオン性を高めたドライエッチングする場合において、前記無機系エッチングマスクパターン上のレジストを除去してから前記ドライエッチングを行うことを特徴とする請求項請求項 3 又は 4 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 6】 前記無機系エッチングマスクパターンは、モリブデン、シリコン、タンタル及びタングステンのうちいずれか 1 つを少なくとも含む材料からなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 7】 前記遮光パターンを形成する工程におけるドライエッチングには酸素を含む混合ガスを用いることを特徴とする請求項 2 乃至 6 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 8】 前記遮光パターンを形成する工程において、前記遮光膜材料のエッチング速度が前記無機系エッチングマスクパターン材料のエッチング速度の 10 倍以上であることを特徴とする請求項 2 乃至 7 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 9】 前記無機系エッチングマスクパターンが、反射防止機能を有することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 10】 前記無機系エッチングマスクパターンの膜厚が、5～100 nmであることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 11】 前記フォトマスクブランクの前記透光性基板と前記遮光膜との間に位相シフト膜を有し、かつ、前記遮光パターンを形成する工程以後に前記位相シフト膜をパターンニングして位相シフトパターンを形成する工程を含むことを特徴とする請求 1 乃至 10 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 12】 前記遮光パターンを形成する工程以後に、前記透光性基板をパターンニングして位相シフト用の溝を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 2 乃至 11 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 13】 請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法に用いることを特徴とするフォトマスクブランク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体集積回路や液晶表示装置等の製造において使用されるフォトマスクの製造方法、及びこれに用いられるフォトマスクブランクに関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体集積回路や液晶表示装置等の高集積化等により、その製造工程中の微細加工プロセスにおいて使用されるフォトマスクに対して、高いパターン精度が要求されてきている。

現在用いられているフォトマスクは、高精度なパターンの加工性の点から、遮光膜として一般にクロム系材料が使用されている。

しかしながら、半導体集積回路の高集積化等によるフォトマスクのパターンの高精度化の要求に対して、現行のレジストパターンをエッチングマスクとして用いるクロム系遮光膜のパターン作成方法では、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスクについて、ローディング効果による CD 精度の低下の問題が生じることが明らかとなった。この、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスクとしては、具体的には、マスク面内で複数種の機能デバイスを配置しているフォトマスク、例えばメモリとロジック回路等を混在して搭載するシステム LSI や、メモリセル又は画素領域とその周囲に形成した周辺回路等を混在して搭載する D-RAM 又は液晶表示装置などが挙げられ、例えば、メモリ領域とロジック回路領域では遮光パターンの疎密度（遮光膜の部分の割合）が異なる。このようなフォトマスクを作成するために現行では、まずクロム系遮光膜上に所望のレジストパターンを作成し、このレジストパターンをマスクとして、C1系とO系の混合ガス等を使用したラジカル主体のドライエッチングによりクロム系遮光膜をパターンニングしている。そして、例えば、遮光パターンの疎密

度（遮光膜の部分の割合）が異なる各領域にそれぞれ同一寸法を有するレジストパターンを形成しそれぞれ同一寸法のクロム系遮光膜パターンを形成しようとした場合、同一寸法のレジストパターンをマスクとしてドライエッチングにより形成された各遮光パターンは、所謂ローディング効果により、各領域の疎密度の違いによって異なる寸法を示し、C D 精度が低下するという問題が生じる。

ここで、ローディング効果とは、被エッチング膜の露出面積の大小により、エッチング特性（エッチング速度、選択比など）が変化し、その結果マスク面内の C D シフト量が増加する現象である（非特許文献 1）。より具体的には、露出面積が増加すると、エッチャントの利用効率が低下するため、エッチング速度が低下する現象である（非特許文献 2）。

【 0 0 0 3 】

上述したローディング効果による C D 精度の低下が問題となるフォトマスクに関する問題を解決する手段として、パターン周辺領域とパターン中央部との開口率の不均衡を改善することで、エッチング時のパターン精度を低下させない方法がある（特許文献 1）。すなわち、フォトマスクを使用した露光工程において光源からの光が照射されない非照射領域に、周辺開口率調整パターンを設ける方法である。

また、位相シフトフォトマスクを製造する際、パターン露光領域内あるいはパターン露光領域外に、ドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置する方法もある（特許文献 2）。パターン露光領域内のダミーエッチングパターンには、転写による解像限界以下のサイズのパターンが用いられている。

【 0 0 0 4 】

〔非特許文献 1：超 L S I 総合事典（サイエンスフォーラム）8 6 5 頁〕

〔非特許文献 2：サブミクロン・リソグラフィ「総合技術資料集」3 5 3 頁〕

〔特許文献 1：特開 2 0 0 1 - 1 8 3 8 0 9〕

〔特許文献 2：特開平 8 - 2 3 4 4 1 0〕

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、ローディング効果を抑制するためは、特許文献 1 又は特許文

献2記載の手法しか提案されておらず、これらの手法を従来は用いざるを得なかった。

しかしながら、これらの従来方法では、パターンの開口率に局所的な不均衡がある場合（すなわち異なる疎密度のパターン領域が混在する場合）、それに対応した調整パターンを設けるのは複雑であり、また、半導体集積回路の高集積化への対応は困難であるという問題点があった。また、本来必要の無いパターンを形成する必要があるため、フォトマスクの作成に使用されるパターンデータ量の増加は避けられず、このことは、近年の膨大な集積度の半導体装置を作成する上で、大きな問題となってしまう。

【0006】

本発明は、上記のような問題点を解消するためになされたものであり、ローディング効果を抑制するための新たな手法を提供することを第1の目的とする。

また本発明は、ローディング効果の抑制を顕著に達成しうる新たな手法を提供することを第2の目的とする。

また本発明は、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスク（ローディング効果によるCD精度の低下が問題となるフォトマスク）を製造するにあたり、本来必要の無いパターンを形成すること無く、また、フォトマスクの作成に使用されるパターンデータ量を増加させること無く、前記領域によらず（マスク全面で）高いCD精度を有するパターンを形成することができるフォトマスクの製造方法、及びこれに用いられるフォトマスクブランクを提供することを第3の目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明者らは鋭意研究開発を重ねた結果、驚くべきことにクロムを含む材料からなる遮光膜（以下クロム系遮光膜と記す）のエッチングマスクとして無機系エッチングマスクパターンを用いると、ローディング効果を抑制できることを見い出した（構成1）。すなわち、ローディング効果によるマスク面内のCD精度の低下が問題となるフォトマスクに関しローディング効果を抑制するための新たな手法を提供することができることを見い出した。な

お、従来から知られている金属系エッチングマスクパターンは、レジストの膜減りによる個々の寸法変換差を低減する目的・効果を意図したものであり、ローディング効果の抑制を目的として無機系エッチングマスクパターンを用いるという発想（構成）は全く報告されていないし、無機系エッチングマスクパターンを用いると、ローディング効果を抑制できるという効果も全く報告されていない。また、理論的に考えても、ローディング効果は、主として、被エッチング膜の露出面積の大小により、エッチング特性（エッチング速度、選択比など）が変化し、その結果マスク面内のCD精度が低下する現象であるので、レジストの膜減りによる個々の寸法変換差を低減することはできても、被エッチング膜の露出面積の大小の影響を受けてしまうため、ローディング効果の抑制に効果があることを予測することは困難であった。

【0008】

本発明の構成2によれば、透光性基板上にクロムを含む材料からなる遮光膜を有し、かつ、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスク（ローディング効果によるCD精度の低下が問題となるフォトマスク）の製造方法において、クロムを含む材料からなる遮光膜上に、無機系エッチングマスク層と、レジスト膜と、を少なくとも有するフォトマスクブランクを準備する工程と、所望のレジストパターンを形成した後、ドライエッチングにより前記無機系エッチングマスク層をパターンニングして無機系エッチングマスクパターンを形成する工程と、少なくとも前記無機系エッチングマスクパターンをマスクとしてドライエッチングにより前記遮光膜をパターンニングして遮光パターンを形成する工程と、を含むことを特徴とするフォトマスクの製造方法が提供される。

【0009】

また、本発明者らは、無機系エッチングマスクパターンを用いてクロム系遮光膜をエッチングする際に、ラジカル主体のドライエッチングであってイオン性を高めた（好ましくはイオン性を限りなく高めた＝イオンとラジカルがほぼ同等となる程度までイオン性を高めた）ドライエッチングを組み合わせることで、ローディング効果を抑制でき、かつ、上記構成1に比べ更に高いCD

精度で遮光パターンを形成でき、実用上の有用性が極めて高いことを見出した（構成3）。この構成3は、別の表現をすると、無機系エッチングマスクパターンを用いてクロム系遮光膜をエッチングする際に、エッチャントの利用効率を低下させない条件、すなわち、エッチャントが豊富に存在する条件でドライエッチングを行う方法を組み合わせて採用したものであると言える。なお、従来は、一般的にレジストをマスクとしてクロム系遮光膜をドライエッチングしており、この場合エッチャントの利用効率を低下させない条件を採用しようとしても、イオン主体のドライエッチングやイオン性を高めたラジカル主体のドライエッチングではレジストへのダメージが大きいため採用できず、従来用いているラジカル主体のドライエッチング（等方性エッチング）しか採用できなかったこと、及び従来用いているラジカル主体のドライエッチングであってもレジストへのダメージがある程度はあることから、CD精度の向上には限度があった。

本発明の構成3では、従来よりも異方性の強いエッチング条件（イオン性を高めたラジカル主体のドライエッチング条件）を採用しているので、基本的に、面内におけるエッチング速度等の差を従来に比べ著しく低減できる。また、従来よりも異方性の強いエッチング条件を採用してもなお面内におけるエッチング速度等の差が残る場合であっても、エッチング速度が速い（大きい）部分のエッチングが終了し、エッチング速度が遅い（小さい）部分のエッチングが終了するまでの間に、エッチング速度が速い部分が過剰にエッチングされる現象に対しても、従来よりも異方性の強いエッチング条件を採用しているので、このような過剰にエッチングされる現象によるCDシフト量の変化を抑制できる。なお、従来行われている断面形状を良くする（垂直にする）ためのオーバーエッチングを行う場合についても、従来よりも異方性の強いエッチング条件を採用しているので、このようなオーバーエッチングによるCDシフト量の変化を従来に比べ著しく抑制できる。

なお、本発明では、無機系エッチングマスクパターンを用いてクロム系遮光膜をエッチングする際に、従来用いているラジカル主体のドライエッチングを用いた場合であっても、レジストをマスクとしてクロム系遮光膜をラジカル主体のドライエッチングする従来一般的な場合に比べ、レジストへのダメージの影響に

基づく問題が回避できるので、高いCD精度で遮光パターンを形成できることは言うまでもない（構成3'）。

【0010】

さらに、本発明者らは、無機系エッチングマスクパターン材料として、イオン主体のドライエッチングが可能であって、かつ、レジストパターンをマスクとして高いCD精度で無機系エッチングマスクパターンを形成し得る材料（例えば、MoSi系、TaSi系、SiON系等）を採用すると共に、イオン主体のドライエッチングによって無機系エッチングマスク層を異方性主体のエッチング加工をすることによって、高いCD精度で無機系エッチングマスクパターンを形成でき、この結果として、極めて高いCD精度で遮光パターンを形成できることを見出した（構成4）。

【0011】

また、本発明者らは、無機系エッチングマスクパターンを用いてクロム系遮光膜をラジカル主体のドライエッチングする場合において、無機系エッチングマスクパターン上のレジストを除去してから前記ドライエッチングを行うことによって、更に高いCD精度で遮光パターンを形成できることを見出した（構成5）。この理由は、酸素を含むガスを用いたドライエッチングでは、レジスト材料に酸素ラジカルが消費されやすいため、表出しているレジストの占有面積に、ドライエッチングを行う際のエッチャントの量、種類等が依存しやすい（このことも、ローディング現象の起因の1つと考えられる）。そのため、レジストを除去してから無機系エッチングマスク層のドライエッチングを行うことで、レジストの存在によるエッチャントの不均一性の影響を少なくできるからではないかと、考えられる。

【0012】

さらに、本発明者らは、上記構成を組み合わせることによって、ローディング効果の抑制を顕著に達成しうる新たな手法を提供できることを見出した。具体的には、ローディング効果によるCD精度の低下が問題となるフォトマスクに関し、上記構成を適宜組み合わせることによって、面内の全ての箇所で、寸法シフト量が20nm以下、15nm以下、10nm以下、5nm以下、更には1nm

以下のフォトマスクを段階的に実現できることを見い出した。

【0013】

通常、ドライエッチングは、イオンとラジカルを発生させ、これらのエッチャントをエッチング対象物と反応させることによって行われる。

本発明において、前記イオン主体のドライエッチングとは、エッチャントとしてラジカルよりもイオンが多く生成するように制御し、これらをエッチング対象物と反応させる方法を言う。イオン主体のドライエッチングは、ラジカル主体のドライエッチングと比較して、異方性のエッチングが行われる傾向がある。

また一般に、ラジカル主体のドライエッチングとは、エッチャントとしてイオンよりもラジカルが多く生成するように制御し、これらをエッチング対象物と反応させる方法を言うが、本発明においては、前記ラジカル主体のドライエッチングとは、クロム系材料からなる遮光パターンの形成を、レジストパターンをマスクとして、 Cl_2 と O_2 の混合ガスを用いたラジカル主体のエッチングにより行う従来の一般的な方法におけるラジカル主体のエッチング条件、すなわち、イオン性の低いラジカル主体のエッチング条件を言う。これに対し、本発明においては、前記イオン性の低いラジカル主体のエッチング条件に比べ、イオン性を高めた条件を、イオン性を高めたラジカル主体のエッチング条件と言う。なお、前記イオン性の低いラジカル主体のドライエッチングは、イオン主体のドライエッチングと比較して、等方性のエッチングが行われる傾向がある。

ここで、イオンのみ、或いはラジカルのみを発生させることは困難であるため、上記各構成では、エッチング対象物とエッチャントとの反応等を考慮して、イオン主体のドライエッチング、ラジカル主体のドライエッチング、及びラジカル主体のドライエッチングであってイオン性を高めた（好ましくはイオン性を限りなく高めた＝イオンとラジカルがほぼ同等となる程度までイオン性を高めた）ドライエッチングを、エッチング対象物やCD精度に応じて、適宜選択して採用している。

本発明のドライエッチングにおいて、イオン主体、及びラジカル主体のドライエッチングを行う際のエッチャントの制御方法として、種々のドライエッチング条件（例えば、チャンバー内の圧力、ガス流量、RFパワーなど）を制御する方

法が挙げられる。すなわち、ガス種によってイオン主体或いはラジカル主体のドライエッチングが決定されるわけでは無く、同一種のガスを用いても、ドライエッチング条件の制御により、イオン主体、及びラジカル主体の両方のドライエッチングを行うことが可能である。

【0014】

本発明において、前記遮光膜は、露光光例えば、KrFエキシマレーザ、ArFエキシマレーザ、又はF₂エキシマレーザなどにより得られる露光光に対して、所定の遮光効果を発揮するように、膜組成および膜厚が構成されてなる。ここで、KrFエキシマレーザの波長は約248nm、ArFエキシマレーザの波長は約193nm、F₂エキシマレーザの波長は約157nmである。

本発明において、前記遮光膜は、それぞれ均一な組成の膜、膜厚方向で順次組成変調する傾斜組成膜、のいずれでも良い。

前記遮光膜の材料として、例えばCr単体、CrO（クロム、酸素を含むことを意味し、それらの含有率を規定するものではない。以下、同様。）、CrN、CrC、CrCO、CrCN、CrON、CrCONなどが挙げられる。

【0015】

本発明において、無機系エッチングマスクパターン（無機系エッチングマスク層）の材料は、前記イオン主体のドライエッチングにおいて、前記レジスト膜とのエッチング選択比が2以上（無機系エッチングマスクパターン材料のエッチング速度が、レジストのエッチング速度と比較して2倍以上）であることが好ましい。

ドライエッチングにおける前記無機系エッチングマスク層との関係から、前記レジスト膜の膜厚は、前記無機系エッチングマスク層、又は前記無機系エッチングマスク層および前記遮光膜の膜組成及び膜厚に依存する。前記レジスト膜は、少なくとも前記無機系エッチングマスク層のエッチング完了（オーバーエッチング含む）と同時あるいはそれ以後までレジスト膜が残る程度の膜厚が必要とされ、前記遮光膜のエッチング完了（オーバーエッチング含む）時までレジスト膜が残る程度の膜厚としても良い。具体的には、50nm～500nmであることが好ましい。

前記レジストパターンは、前記遮光パターンの形成前に除去しても構わない。その場合、前記遮光パターンは、前記無機系エッチングマスクパターンをマスクとして形成する。

前記遮光膜は、前記ラジカル主体のドライエッチングにおいて、前記無機系エッチングマスクパターン材料とのエッチング選択比が10以上（遮光膜のエッチング速度が、無機系エッチングマスクパターン材料のエッチング速度と比較して10倍以上）であることが好ましい。前記遮光膜とのドライエッチングの関係から、前記無機系エッチングマスクパターンの膜厚は、前記遮光膜の膜厚に依存するが、前記遮光膜のエッチング終了（オーバーエッチング含む）と同時あるいはそれ以降まで前記無機系エッチングマスクパターンが残る程度の膜厚が必要とされ、具体的には、5 nm～100 nmであることが好ましい。

通常、前記無機系エッチングマスクパターンは、遮光パターンを形成後、ドライエッチング又はウェットエッチング等の方法により除去してフォトマスクを製造するが、反射防止効果を発揮するような膜組成及び膜厚で前記無機系エッチングマスク層を構成した場合には、前記無機系エッチングマスクパターンは、除去せずに反射防止膜として用いることも可能である。この構成により、露光の際に生じる投影系での多重反射の影響を、効果的に抑制することが可能となる。

また、前記透光性基板と前記遮光膜との間に、反射防止膜を形成しても良い。この構成により、露光の際に生じる照明系での多重反射の影響を、効果的に抑制することが可能となる。

【0016】

上記各構成の方法を用いて、ハーフトーン型位相シフトマスクを製造することも可能である。ハーフトーン型位相シフトマスクとしては、単層型と多層型が挙げられる。

上記構成2による単層型ハーフトーン型位相シフトの製造方法としては、例えば、前記遮光パターンと前記透光性基板の間に、所定の透過率及び透光性基板との位相差を有する膜組成及び膜厚で構成されるハーフトーン位相シフトパターンを形成し、前記遮光パターンの一部あるいは全部を除去して、所謂単層ハーフトーン型位相シフトマスクを製造することができる（態様A）。

上記構成 2 による多層型ハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法としては、例えば、前記無機系エッチングマスクパターンを位相シフト効果を発揮するような膜組成及び膜厚で構成し、かつ、前記遮光パターンを光半透過効果を発揮するような膜組成及び膜厚で構成することで、二層型位相シフトマスクを製造することができる（態様 B）。

また、二層型位相シフトマスクの他の例として、位相シフト効果を発揮するような膜組成及び膜厚の位相シフトパターンを、前記遮光パターンと前記透光性基板の間に形成し、かつ、前記遮光パターンを光半透過効果を発揮するような膜組成及び膜厚で構成して製造することも可能である（態様 C）。この場合、無機系エッチングマスクパターンを、遮光機能を有するように選定し、遮光機能を必要とする部分について無機系エッチングマスクパターンが残るように部分除去することが可能である。

また、多層型位相シフトマスクの他の例として、例えば、前記遮光パターンと前記透光性基板の間に、透過率調整層と位相調整層を有する 2 層又は多層で構成されるハーフトーン位相シフトパターンを形成し、前記遮光パターンの一部あるいは全部を除去して、所謂多層型ハーフトーン型位相シフトマスクを製造することができる（態様 D）。

また、上記構成 2 の方法により、所謂基板掘り込み型の位相シフトマスクを製造することも可能である。例えば、前記遮光パターンを光半透過効果を発揮するような膜組成及び膜厚で構成し、表出している透光性基板の一部あるいは全部を、遮光パターンの透過光と所定の位相差を有するようにエッチングすることにより、所謂掘り込み型の位相シフトマスクを製造することができる（態様 E）。

また、所謂基板掘り込み型の位相シフトマスクの他の例として、例えば、表出しかつ隣接している透光性基板の一側を他側と所定の位相差を有するようにエッチングすることにより、所謂掘り込み型の位相シフトマスク（レベンソンマスク）を製造することができる（態様 F）。

また、位相シフトマスクの他の例として、例えば、前記遮光パターンを、所定の透過率及び透光性基板との位相差（ほぼ $\phi = 0^\circ$ ）を有する膜組成及び膜厚で構成し、前記遮光パターンの一部を除去すると共に、表出しかつ隣接している透

光性基板の一侧を他側と所定の位相差（例えば $\phi = 180^\circ$ ）を有するようにエッチングすることにより、位相シフトマスクを製造することができる（態様 G）。この場合、無機系エッチングマスクパターンを、遮光機能を有するように選定し、遮光機能を必要とする部分について無機系エッチングマスクパターンが残るように部分除去することが可能である。

また、位相シフトマスクの他の例として、例えば、前記遮光パターンと前記透光性基板の間に、所定の透過率及び透光性基板との位相差（ほぼ $\phi = 0^\circ$ ）を有する膜組成及び膜厚で構成されるハーフトーン位相シフトパターンを形成し、前記遮光パターンの一部を除去すると共に、表出しかつ隣接している透光性基板の一侧を他側と所定の位相差（例えば $\phi = 180^\circ$ ）を有するようにエッチングすることにより、位相シフトマスクを製造することができる（態様 H）。

また、位相シフトマスクの他の例として、例えば、表出している透光性基板の一部あるいは全部を、所定の位相差を有するようにエッチングすると共に、前記遮光パターンの一部を除去することにより、所謂クロムレスタイプの位相シフトマスクを製造することができる（態様 I）。

なお、上記態様 A, D, E, F, H, I においては、無機系エッチングマスクパターンは、反射防止膜として残しても良い。

【0017】

上記各構成の方法によるフォトマスクの製造方法においては、無機系エッチングマスクパターンは、反射防止膜として残すことが可能であり、この場合無機系エッチングマスクパターンを除去する工程が不要となるので好ましい。

上記各構成の方法によるフォトマスクの製造方法において、各種膜の形成方法は限定されない。インライン型、枚葉式、バッチ式などのスパッタ装置を用いて形成可能であり、膜の形成を透光性基板上の全ての膜を同一の装置で、あるいは複数の装置を組み合わせて形成することができるのは勿論である。

【0018】

本発明の構成 6 によれば、上記各構成の方法によるフォトマスクの製造方法において、前記無機系エッチングマスクパターン（無機系エッチングマスク層）の材料は、モリブデン、シリコン、タンタル及びタングステンのうちいずれか 1 つ

を少なくとも含む材料からなるフォトマスクの製造方法が提供される。

前記無機系エッチングマスクパターンの材料として、例えばMo単体、MoSi、MoSiO、MoSiN、MoSiON、Si単体、SiO、SiN、SiON、Ta単体、TaB、W、WSi、TaSiなどが挙げられる。

【0019】

本発明の構成7によれば、上記各構成の方法によるフォトマスクの製造方法において、前記ラジカル主体のドライエッチングには酸素を含む混合ガスを用いるフォトマスクの製造方法が提供される。

構成7によれば、前記ラジカル主体のドライエッチングに酸素を含むガスを用いることで、酸素ラジカルが生成されることによりラジカル主体のドライエッチングを行うことが容易となる。これにより、Crを含む材料からなる遮光膜を効率的に、かつ精度良くエッチングすることが可能となる。

酸素を含む混合ガスとして、具体的には、Cl₂、CH₂Cl₂等と酸素の混合ガス、又は、これらとHe、H₂、N₂、Ar、C₂H₄等の混合ガスなどが挙げられる。

【0020】

本発明の構成8によれば、上記各構成の方法によるフォトマスクの製造方法において、前記遮光パターンを形成する工程において、前記遮光膜のエッチング速度が前記無機系エッチングマスクパターン材料のエッチング速度の10倍以上であるフォトマスクの製造方法が提供される。

構成8によれば、前記無機系エッチングマスクパターン（無機系エッチングマスク層）の膜厚を低減することが可能となるため、レジストの膜厚もでき、これらの結果として、得られる遮光パターンのCD精度をより向上させることが可能となる。

【0021】

本発明の構成9によれば、上記各構成の方法によるフォトマスクの製造方法において、前記無機系エッチングマスクパターンが、反射防止機能を有するフォトマスクの製造方法が提供される。

構成9によれば、露光の際に生じる多重反射の影響を、効果的に抑制すること

が可能となる。この場合、遮光パターンを形成後、前記無機系エッチングマスクパターンは除去しないでフォトマスクを作成する。

【0022】

本発明の構成10によれば、上記各構成の方法によるフォトマスクの製造方法において、前記無機系エッチングマスクパターン（無機系エッチングマスク層）の膜厚が、5～100nmであるフォトマスクの製造方法が提供される。

【0023】

本発明の構成11によれば、上記各構成の方法によるフォトマスクの製造方法において、前記フォトマスクブランクの前記透光性基板と前記遮光膜との間に位相シフト膜を有し、かつ、前記遮光パターンを形成する工程以後に前記位相シフト膜をパターニングして位相シフトパターンを形成する工程を含むフォトマスクの製造方法が提供される。

前記位相シフト膜は、透光材料、あるいは半透光材料のいずれでも良い。

前記位相シフトパターンは、前記遮光膜をドライエッチングによりパターニングした後、前記位相シフト膜に適したガス種を用いてドライエッチングすることにより形成される。

また、前記遮光膜は、KrFエキシマレーザ、ArFエキシマレーザ、又はF2エキシマレーザなどにより得られる短波長光に対して、適切な遮光効果を発揮するように、膜組成および膜厚が構成されてなる。

位相シフト量は適宜決定できる。

【0024】

本発明の構成12によれば、上記各構成の方法によるフォトマスクの製造方法において、前記遮光パターンを形成する工程以後に、前記透光性基板をパターニングして位相シフト用の溝を形成する工程を含むフォトマスクの製造方法が提供される。

構成12によれば、所謂基板掘り込み型の位相シフトマスクの製造方法が提供される。

位相シフト量は適宜決定できる。

【0025】

本発明の構成 13 によれば、上記各構成の方法によるフォトマスクの製造方法に用いることを特徴とするフォトマスクブランクが提供される。つまり、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスク（ローディング効果による CD 精度の低下が問題となるフォトマスク）を製造するためのフォトマスクブランクであって、透光性基板上のクロムを含む材料からなる遮光膜（基板上に直接形成しない態様を含む）上に、無機系エッチングマスク層を形成し、該無機系エッチングマスク層上にレジスト膜を少なくとも形成してなるフォトマスクブランク、あるいは、透光性基板上のクロムを含む材料からなる遮光膜（基板上に直接形成しない態様を含む）上に、無機系エッチングマスク層を形成してなるフォトマスクブランク（レジスト膜形成前のフォトマスクブランク）、が提供される。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0027】

〔第 1 実施例〕

第 1 実施例のフォトマスクの製造方法を、図 1 を参照しながら説明する。

まず、石英からなる基板を鏡面研磨し所定の洗浄を施すことにより、6 インチ×6 インチ×0.25 インチの透光性基板 1 を得た。

次いで、同一のチャンバ内に複数のクロム（Cr）ターゲットが配置されたインラインスパッタ装置を用いて、透光性基板 1 の上に遮光膜 2 を成膜した（図 1（a）参照）。

具体的には、まず、アルゴン（Ar）と窒素（N₂）の混合ガス雰囲気（Ar：N₂=72：28 [体積%]、圧力 0.3 [Pa]）中で、反応性スパッタリングを行うことにより、膜厚 20 [nm] の CrN 膜を成膜した。

続けて、アルゴン（Ar）とメタン（CH₄）の混合ガス雰囲気（Ar：CH₄=96.5：3.5 [体積%]、圧力 0.3 [Pa]）中で、反応性スパッタリングを行うことにより、CrN 膜の上に、膜厚 37 [nm] の CrC 膜を成膜し

た。

続けて、アルゴン (Ar) と一酸化窒素 (NO) の混合ガス雰囲気 (Ar : NO = 87.5 : 12.5 [体積%]、圧力 0.3 [Pa]) 中で、反応性スパッタリングを行うことにより、CrN 膜の上に、膜厚 15 [nm] の CrON 膜を成膜した。

以上の CrN 膜、CrC 膜、及び CrON 膜は、インラインスパッタ装置を用いて連続的に成膜されたものであり、これら CrN、CrC、及び CrON を含んでなる遮光膜 2 は、その厚み方向に向かって当該成分が連続的に変化して構成されている。

次いで、遮光膜 2 の上に、モリブデン (Mo) とシリコン (Si) の混合ターゲット (Mo : Si = 20 : 80 [mol%]) を用いて、アルゴン (Ar) と窒素 (N₂) の混合ガス雰囲気 (Ar : N₂ = 10 : 90 [体積%]、圧力 0.3 [Pa]) 中で、反応性スパッタリングを行うことにより、膜厚 92 [nm] の MoSiN 系の無機系エッチングマスク層 3 を成膜した (図 1 (b) 参照)。

次いで、無機系エッチングマスク層 3 の上に、ポジ型電子線レジスト 4 (ZEP 7000 : 日本ゼオン社製) をスピコート法により膜厚が 400 [nm] となるように塗布した (図 1 (c) 参照)。

以上により、透光性基板 1 上に、Cr 系材料からなる遮光膜 2 と、MoSiN 系の無機系エッチングマスク層 3 と、レジスト 4 が順次形成されたフォトマスクブランク 11 を準備した。

【0028】

次いで、レジスト 4 に対し、日本電子社製の JBX 9000 によって電子線描画し、現像して、図 2 に示すようなレジストパターン 41 (0.4 μ m のライン & スペース) を形成した (図 1 (d) 参照)。

作成したレジストパターン 41 は、面内に同一パターンからなる A 部と B 部を有し、A 部を含む所定面積の領域は周囲のレジストが除去されずに表面に残っており、B 部を含む同じ所定面積の領域 (図上白色の部分) は周囲のレジストが除去されて表面に無機系エッチングマスク層 3 が現れている。つまり、A 部と B 部のパターンを比較することで、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異な

る疎密度のパターン領域が混在する場合のCD特性を評価することができる。

そして、得られたレジストパターン41の寸法を、ホロン社製CD-SEM (EMU-220) を用いてA部およびB部においてそれぞれ測定した。

次いで、レジストパターン41をマスクにして、無機系エッチングマスク層3を、SF₆とHeの混合ガスを用い、圧力: 5 [mmTorr] の条件にてイオン性主体のドライエッチングを行い、無機系エッチングマスクパターン31を形成した(図1(e) 参照)。

次いで、レジストパターン41及び無機系エッチングマスクパターン31をマスクにして、遮光膜2を、Cl₂とO₂の混合ガスを用い、圧力: 3 mmTorr の条件にて、イオン性を限りなく高めた(=イオンとラジカルがほぼ同等となる程度までイオン性を高めた) ラジカル主体のドライエッチングを行い、遮光パターン21を形成した(図1(f) 参照)。

次いで、レジストパターン41及び無機系エッチングマスクパターン31を剥離し、しかる後、所定の洗浄を施してフォトマスク10を得た(図1(g) 参照)。

そして、得られた遮光パターン21の寸法を、レジストパターン41と同様にCD-SEMを用いてA部およびB部においてそれぞれ測定した。その結果、A部とB部における寸法変換差(レジストパターン41と遮光パターン21の寸法差)の差は、驚くべきことに5 nmであり、極めて良好なCD特性でフォトマスク10を製造することができた。

【0029】

〔第2実施例〕

第2実施例は、第1実施例において、レジストパターン41を除去後に、無機系エッチングマスクパターン31のみをマスクにして、遮光膜2のエッチングを行ったこと以外は、第1実施例と同じ条件でフォトマスクを製造した。

詳しくは、まず、石英からなる基板を鏡面研磨し所定の洗浄を施すことにより、6インチ×6インチ×0.25インチの透光性基板1を得た。

次いで、同一のチャンバ内に複数のクロム(Cr)ターゲットが配置されたインラインスパッタ装置を用いて、透光性基板1の上に遮光膜2を成膜した(図1

(a) 参照)。

具体的には、まず、アルゴン (Ar) と窒素 (N₂) の混合ガス雰囲気 (Ar : N₂ = 72 : 28 [体積%]、圧力 0.3 [Pa]) 中で、反応性スパッタリングを行うことにより、膜厚 20 [nm] の CrN 膜を成膜した。

続けて、アルゴン (Ar) とメタン (CH₄) の混合ガス雰囲気 (Ar : CH₄ = 96.5 : 3.5 [体積%]、圧力 0.3 [Pa]) 中で、反応性スパッタリングを行うことにより、CrN 膜の上に、膜厚 37 [nm] の CrC 膜を成膜した。

続けて、アルゴン (Ar) と一酸化窒素 (NO) の混合ガス雰囲気 (Ar : NO = 87.5 : 12.5 [体積%]、圧力 0.3 [Pa]) 中で、反応性スパッタリングを行うことにより、CrN 膜の上に、膜厚 15 [nm] の CrON 膜を成膜した。

以上の CrN 膜、CrC 膜、及び CrON 膜は、インラインスパッタ装置を用いて連続的に成膜されたものであり、これら CrN、CrC、及び CrON を含んでなる遮光膜 2 は、その厚み方向に向かって当該成分が連続的に変化して構成されている。

次いで、遮光膜 2 の上に、モリブデン (Mo) とシリコン (Si) の混合ターゲット (Mo : Si = 20 : 80 [mol%]) を用いて、アルゴン (Ar) と窒素 (N₂) の混合ガス雰囲気 (Ar : N₂ = 10 : 90 [体積%]、圧力 0.3 [Pa]) 中で、反応性スパッタリングを行うことにより、膜厚 92 [nm] の MoSiN 系の無機系エッチングマスク層 3 を成膜した (図 1 (b) 参照)。

次いで、無機系エッチングマスク層 3 の上に、ポジ型電子線レジスト 4 (ZEP 7000 : 日本ゼオン社製) をスピコート法により膜厚が 400 [nm] となるように塗布した (図 1 (c) 参照)。

以上により、透光性基板 1 上に、Cr 系材料からなる遮光膜 2 と、MoSiN 系の無機系エッチングマスク層 3 と、レジスト 4 が順次形成されたフォトマスクブランク 11 を準備した。

【0030】

次いで、レジスト 4 に対し、日本電子社製の JBX 9000 によって電子線描

画し、現像して、図2に示すようなレジストパターン41 ($0.4\mu\text{m}$ のライン&スペース)を形成した(図1(d)参照)。

作成したレジストパターン41は、面内に同一パターンからなるA部とB部を有し、A部を含む所定面積の領域は周囲のレジストが除去されずに表面に残っており、B部を含む同じ所定面積の領域(図上白色の部分)は周囲のレジストが除去されて表面に無機系エッチングマスク層3が現れている。つまり、A部とB部のパターンを比較することで、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在する場合のCD特性を評価することができる。

そして、得られたレジストパターン41の寸法を、ホロン社製CD-SEM (EMU-220)を用いてA部およびB部においてそれぞれ測定した。

次いで、レジストパターン41をマスクにして、無機系エッチングマスク層3を、 SF_6 とHeの混合ガスを用い、圧力: 5 mmTorr の条件にてイオン性主体のドライエッチングを行い、無機系エッチングマスクパターン31を形成した(図1(e)参照)。

次いで、レジストパターン41を除去した後、無機系エッチングマスクパターン31のみをマスクにして、遮光膜2を、 Cl_2 と O_2 の混合ガスを用い、圧力: 3 mmTorr の条件にて、イオン性を限りなく高めた(=イオンとラジカルがほぼ同等となる程度までイオン性を高めた)ラジカル主体のドライエッチングを行い、遮光パターン21を形成した(図1(f)参照)。

次いで、レジストパターン41及び無機系エッチングマスクパターン31を剥離し、しかる後、所定の洗浄を施してフォトマスク10を得た(図1(g)参照)。

そして、得られた遮光パターン21の寸法を、レジストパターン41と同様にCD-SEMを用いてA部およびB部においてそれぞれ測定した。その結果、A部とB部における寸法変換差(レジストパターン41と遮光パターン21の寸法差)の差は、極めて驚くべきことに 1 nm であり、極めて良好なCD特性でフォトマスク10を製造することができた。

【0031】

〔比較例1〕

比較例 1 は、第 1 実施例によるフォトマスクの製造方法において、無機系エッチングマスク層 3 を形成せずにフォトマスクを製造する方法である。

まず、石英からなる基板を鏡面研磨し所定の洗浄を施すことにより、6 インチ×6 インチ×0.25 インチの透光性基板 1 を得た。

次いで、第 1 実施例と同様の方法で、同一のチャンバ内に複数のクロム (Cr) ターゲットが配置されたインラインスパッタ装置を用いて、透光性基板 1 の上に CrN 膜、CrC 膜、及び CrON 膜からなる遮光膜 2 を成膜した。

次いで、遮光膜 2 の上に、第 1 実施例と同様に、レジスト 4 をスピコート法により膜厚が 400 [nm] となるように塗布した。

次いで、レジスト 4 に対し、第 1 実施例と同様に電子線描画し、現像して、第 1 実施例と同様に図 2 に示すようなレジストパターン 41 (0.4 μ m のライン & スペース) を形成し、得られたレジストパターン 41 の寸法を、CD-SEM を用いて A 部および B 部においてそれぞれ測定した。

次いで、レジストパターン 41 をマスクにして、遮光膜 2 を、Cl₂ と O₂ の混合ガスを用い、圧力: 8 mm Torr の条件にて、従来のイオン性の低いドライエッチングを行い、遮光パターン 21 を形成した。

次いで、第 1 実施例と同様に、レジストパターン 41 を剥離し、しかる後、所定の洗浄を施してフォトマスク 10 を得た。

そして、得られた遮光パターン 21 の寸法を、レジストパターン 41 と同様に CD-SEM を用いて A 部および B 部においてそれぞれ測定した。その結果、A 部と B 部における寸法変換差 (レジストパターン 41 と遮光パターン 21 の寸法差) の差は 30 nm であり、無機系エッチングマスク層 3 を形成してフォトマスクを製造した第 1 実施例と比較して、著しく CD 特性が劣るのもであった。

【0032】

本発明の第 2 実施例では、比較例 1 (従来例) と比較して、前述した構成 1、2、3、4 を組み合わせることによって、ローディング効果の抑制を顕著に達成でき、1 nm という従来では想像し得ない極めて良好な CD 特性でフォトマスク 10 を製造することができた。

【0033】

〔第3実施例〕

まず、石英からなる基板を鏡面研磨し所定の洗浄を施すことにより、6インチ×6インチ×0.25インチの透光性基板1を得た。

次いで、透光性基板1の上に、モリブデン (Mo) とシリコン (Si) の混合ターゲット (Mo : Si = 20 : 80 [mol%]) を用いて、アルゴン (Ar) と窒素 (N₂) の混合ガス雰囲気 (Ar : N₂ = 10 : 90 [体積%]、圧力 0.3 [Pa]) 中で、反応性スパッタリングを行うことにより、膜厚 100 [nm] の MoSiN 系の半透光性の位相シフト膜5を成膜した (図3 (a))。

次いで、第1実施例と同様の方法で、同一のチャンバ内に複数のクロム (Cr) ターゲットが配置されたインラインスパッタ装置を用いて、位相シフト膜5の上に CrN 膜、CrC 膜、及び CrON 膜からなる遮光膜2を成膜した (図3 (b))。

次いで、遮光膜2の上に、第1実施例と同様の方法で、膜厚 92 [nm] の MoSiN 系の無機系エッチングマスク層3を成膜した (図3 (c))。

次いで、無機系エッチングマスク層3の上に、第1実施例と同様に、レジスト4をスピコート法により膜厚が 400 [nm] となるように塗布した (図3 (d))。

以上により、透光性基板1上に、MoSiN系材料からなる半透光性の位相シフト膜5と、Cr系材料からなる遮光膜2と、MoSiN系材料からなる無機系エッチングマスク層3と、レジスト4が順次形成されたハーフトーン位相シフト型のマスクブランク11 (ハーフトーン位相シフトマスクブランク) を準備した (図3 (d))。

次いで、レジスト4に対し、第1実施例と同様に電子線描画し、現像して、図2に示すようなレジストパターン41 (0.4 μmのライン&スペース) を形成し、得られたレジストパターン41の寸法を、CD-SEMを用いてA部およびB部においてそれぞれ測定した (図3 (e))。

次いで、第1実施例と同様の方法で、レジストパターン41をマスクにして、無機系エッチングマスク層3のドライエッチングを行い、無機系エッチングマスクパターン31を形成した (図4 (f))。

次いで、第1実施例と同様の方法で、レジストパターン41及び無機系エッチングマスクパターン31をマスクにして、遮光膜2のドライエッチングを行い、遮光パターン21を形成した(図4(g))。

次いで、レジストパターン41、無機系エッチングマスクパターン31、及び遮光パターン21をマスクにして、位相シフト膜5を、 SF_6 とHeの混合ガスを用い、圧力: 5 mmTorrの条件にてドライエッチングを行い、位相シフトパターン51を形成した(図4(h))。

次いで、レジストパターン41及び無機系エッチングマスクパターン31を剥離し、続いて転写パターン領域付近の遮光パターン21を剥離し(転写パターン領域上であってフォトマスクを使用した露光工程を考慮した際、残した方が良い部分の遮光パターンは残しても良い)、しかる後、所定の洗浄を施して、ハーフトーン位相シフト型のフォトマスク10(ハーフトーン位相シフトマスク)を得た(図4(i))。

そして、得られた位相シフトパターン51の寸法を、レジストパターン41と同様にCD-SEMを用いてA部およびB部においてそれぞれ測定した。その結果、A部とB部における寸法変換差(レジストパターン41と位相シフトパターン51の寸法差)の差は、驚くべきことに4 nmであり、極めて良好なCD特性でハーフトーン位相シフトマスクを製造することができた。

【0034】

〔第4実施例〕

第4実施例は、第3実施例において、レジストパターン41を除去後に、無機系エッチングマスクパターン31のみをマスクにして、遮光膜2のエッチングを行ったこと以外は、第3実施例と同じ条件でフォトマスクを製造した。

詳しくは、まず、石英からなる基板を鏡面研磨し所定の洗浄を施すことにより、6インチ×6インチ×0.25インチの透光性基板1を得た。

次いで、透光性基板1の上に、モリブデン(Mo)とシリコン(Si)の混合ターゲット(Mo:Si=20:80[mol%])を用いて、アルゴン(Ar)と窒素(N_2)の混合ガス雰囲気(Ar: N_2 =10:90[体積%]、圧力0.3[Pa])中で、反応性スパッタリングを行うことにより、膜厚100[n

m] の MoSiN 系の半透光性の位相シフト膜 5 を成膜した (図 3 (a))。

次いで、第 1 実施例と同様の方法で、同一のチャンバ内に複数のクロム (Cr) ターゲットが配置されたインラインスパッタ装置を用いて、位相シフト膜 5 の上に CrN 膜、CrC 膜、及び CrON 膜からなる遮光膜 2 を成膜した (図 3 (b))。

次いで、遮光膜 2 の上に、第 1 実施例と同様の方法で、膜厚 92 [nm] の MoSiN 系の無機系エッチングマスク層 3 を成膜した (図 3 (c))。

次いで、無機系エッチングマスク層 3 の上に、第 1 実施例と同様に、レジスト 4 をスピンコート法により膜厚が 400 [nm] となるように塗布した (図 3 (d))。

以上により、透光性基板 1 上に、MoSiN 系材料からなる半透光性の位相シフト膜 5 と、Cr 系材料からなる遮光膜 2 と、MoSiN 系材料からなる無機系エッチングマスク層 3 と、レジスト 4 が順次形成されたハーフトーン位相シフト型のフォトマスクブランク 11 (ハーフトーン位相シフトマスクブランク) を準備した (図 3 (d))。

次いで、レジスト 4 に対し、第 1 実施例と同様に電子線描画し、現像して、図 2 に示すようなレジストパターン 41 ($0.4\ \mu\text{m}$ のライン & スペース) を形成し、得られたレジストパターン 41 の寸法を、CD-SEM を用いて A 部および B 部においてそれぞれ測定した (図 3 (e))。

次いで、第 1 実施例と同様の方法で、レジストパターン 41 をマスクにして、無機系エッチングマスク層 3 のドライエッチングを行い、無機系エッチングマスクパターン 31 を形成した (図 4 (f))。

次いで、第 2 実施例と同様の方法で、レジストパターン 41 を除去した後、無機系エッチングマスクパターン 31 のみをマスクにして、遮光膜 2 のドライエッチングを行い、遮光パターン 21 を形成した (図 4 (g))。

次いで、レジストパターン 41、無機系エッチングマスクパターン 31、及び遮光パターン 21 をマスクにして、位相シフト膜 5 を、 SF_6 と He の混合ガスを用い、圧力: 5 mmTorr の条件にてドライエッチングを行い、位相シフトパターン 51 を形成した (図 4 (h))。

次いで、レジストパターン 4 1 及び無機系エッチングマスクパターン 3 1 を剥離し、続いて転写パターン領域付近の遮光パターン 2 1 を剥離し（転写パターン領域上であってフォトマスクを使用した露光工程を考慮した際、残した方が良い部分の遮光パターンは残しても良い）、しかる後、所定の洗浄を施して、ハーフトーン位相シフト型のフォトマスク 1 0 （ハーフトーン位相シフトマスク）を得た（図 4（i））。

そして、得られた位相シフトパターン 5 1 の寸法を、レジストパターン 4 1 と同様に CD-SEM を用いて A 部および B 部においてそれぞれ測定した。その結果、A 部と B 部における寸法変換差（レジストパターン 4 1 と位相シフトパターン 5 1 の寸法差）の差は、極めて驚くべきことに 2 nm であり、極めて良好な CD 特性でハーフトーン位相シフトマスクを製造することができた。

【0035】

〔比較例 2〕

比較例 2 は、第 2 実施例によるフォトマスクの製造方法において、無機系エッチングマスク層 3 を形成せずにフォトマスクを製造する方法である。

まず、石英からなる基板を鏡面研磨し所定の洗浄を施すことにより、6 インチ×6 インチ×0.25 インチの透光性基板 1 を得た。

次いで、透光性基板 1 の上に、第 2 実施例と同様に、膜厚 100 [nm] の MoSiN 系の半透光性の位相シフト膜 5 を成膜した。

次いで、第 2 実施例と同様の方法で、同一のチャンバ内に複数のクロム（Cr）ターゲットが配置されたインラインスパッタ装置を用いて、位相シフト膜 5 の上に CrN 膜、CrC 膜、及び CrON 膜からなる遮光膜 2 を成膜した。

次いで、遮光膜 3 の上に、第 2 実施例と同様に、レジスト 4 をスピコート法により膜厚が 400 [nm] となるように塗布した。

次いで、レジスト 4 に対し、第 2 実施例と同様に電子線描画し、現像して、図 2 に示すようなレジストパターン 4 1（0.4 μ m のライン&スペース）を形成し、得られたレジストパターン 4 1 の寸法を、CD-SEM を用いて A 部および B 部においてそれぞれ測定した。

次いで、比較例 1 と同様の方法で、レジストパターン 4 1 をマスクにして、遮

光膜 2 のドライエッチングを行い、遮光パターン 21 を形成した。

次いで、レジストパターン 41 及び遮光パターン 21 をマスクにして、第 2 実施例と同様にドライエッチングを行い、位相シフトパターン 51 を形成した。

次いで、レジストパターン 41 を剥離し、続いて転写パターン領域付近の遮光パターン 21 を剥離し、しかる後、所定の洗浄を施してハーフトーン位相シフト型のフォトマスク 10 を得た。

そして、得られた位相シフトパターン 51 の寸法を、レジストパターン 41 と同様に CD-SEM を用いて A 部および B 部においてそれぞれ測定した。その結果、A 部と B 部における寸法変換差の差は 35 nm であり、無機系エッチングマスク層 3 を形成してフォトマスクを製造した第 2 実施例と比較して、著しく CD 特性が劣るものであった。

【0036】

実施例 1～4 では、イオン主体のドライエッチングにおいて SF_6 と He の混合ガスを用いたが、適切なドライエッチング条件を設定することで、 CF_4 、 C_2F_6 、 CHF_3 等のガス、又は、これらと He 、 H_2 、 N_2 、 Ar 、 C_2H_4 、 O_2 等の混合ガスを用いても、同様の効果が得られる。

また、実施例 1～4 では、無機系エッチングマスク層に MoSiN 系の材料を使用した。が、 Mo 単体、 MoSi 、 MoSiO 、 MoSiN 、 MoSiON 、 Si 単体、 SiO 、 SiN 、 SiON 、 Ta 単体、 TaB 、 W 、 WSi 、 TaSi 等を用いても同様の効果が得られる。

また、実施例 1～4 では、ラジカル主体のドライエッチングにおいて Cl_2 と O_2 の混合ガスを用いたが、適切なドライエッチング条件を設定することで、 CH_2Cl_2 と O_2 の混合ガス、又は、これらと He 、 H_2 、 N_2 、 Ar 、 C_2H_4 等の混合ガスを用いても、同様の効果が得られる。

【0037】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスク（ローディング効果による CD 精度の低下が問題となるフォトマスク）の製造に関し、ローディング効果を

抑制するための新たな手法を提供することができる。

また本発明によれば、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスク（ローディング効果によるCD精度の低下が問題となるフォトマスク）の製造に関し、ローディング効果の抑制を顕著に達成しうる新たな手法を提供することができる。

さらに本発明によれば、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスク（ローディング効果によるCD精度の低下が問題となるフォトマスク）を製造するにあたり、本来必要の無いパターンを形成すること無く、また、フォトマスクの作成に使用されるパターンデータ量を増加させること無く、前記領域によらず（マスク全面で）高いCD精度を有するパターンを形成することができるフォトマスクの製造方法、及びこれに用いられるフォトマスクブランクを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施例に係るフォトマスクの製造方法を説明するための図である。

【図 2】

実施例で作成したレジストパターンの模式図である。

【図 3】

本発明の第 2 実施例に係るフォトマスクの製造方法（前段）を説明するための図である。

【図 4】

本発明の第 2 実施例に係るフォトマスクの製造方法（後段）を説明するための図である。

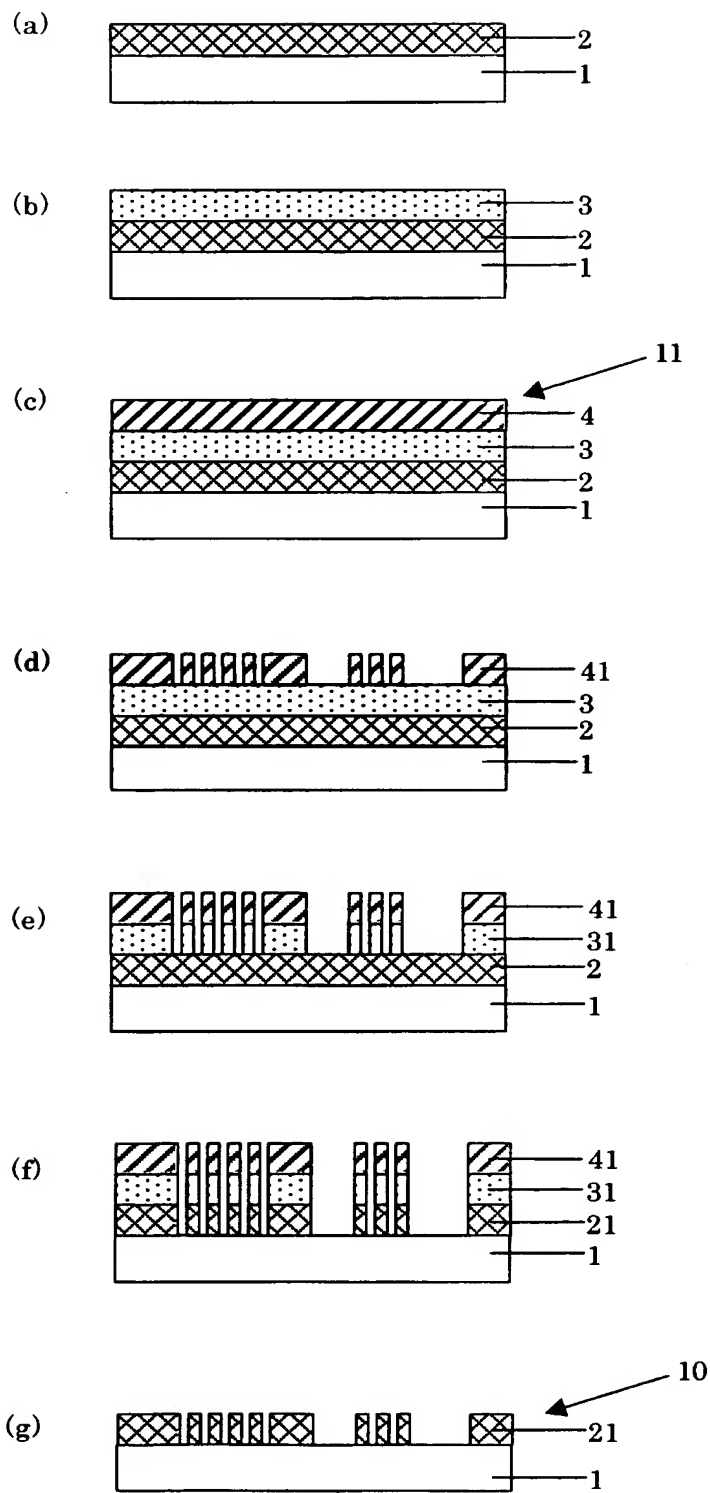
【符号の説明】

- 1 透光性基板
- 2 遮光膜
- 3 無機系エッチングマスク層
- 4 レジスト

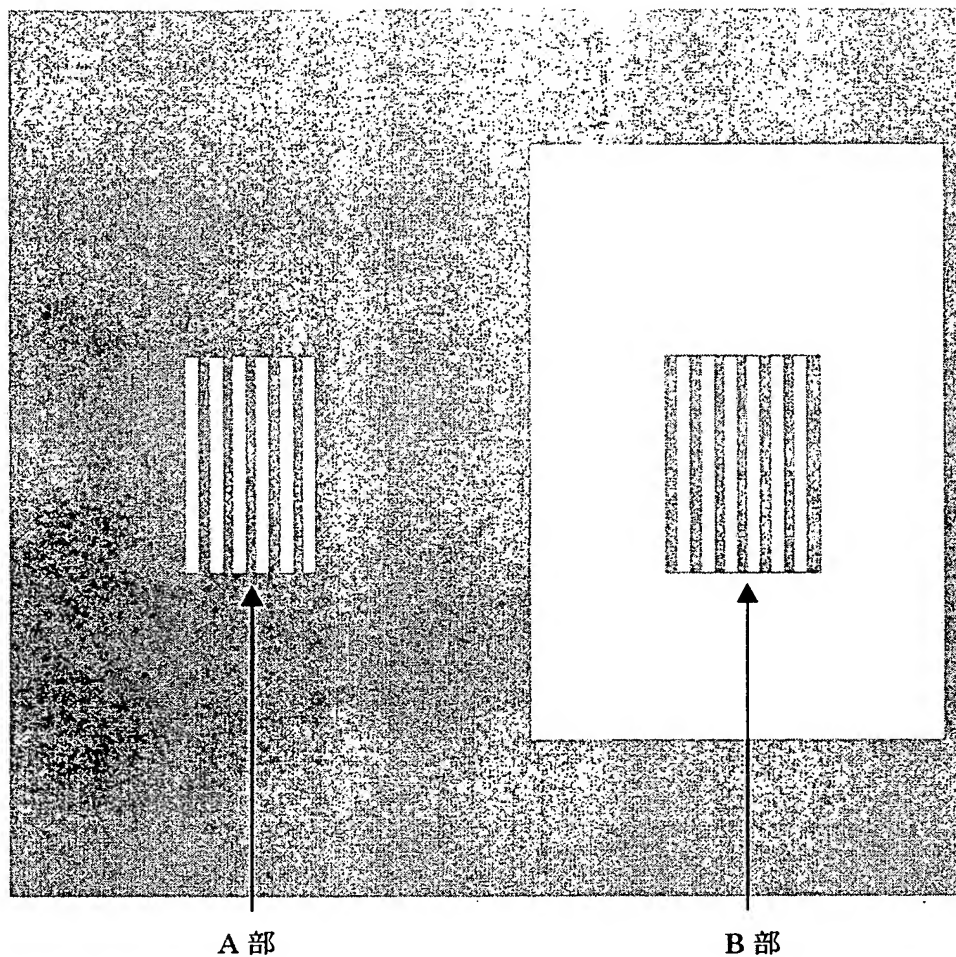
- 5 位相シフト膜
- 1 0 フォトマスク
- 1 1 フォトマスクブランク
- 2 1 遮光パターン
- 3 1 無機系エッチングマスクパターン
- 4 1 レジストパターン
- 5 1 位相シフトパターン

【書類名】 図面

【図 1】



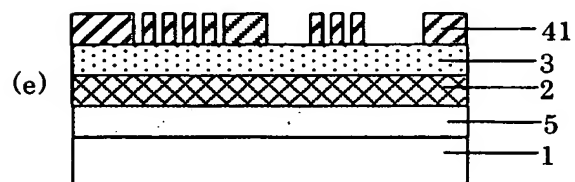
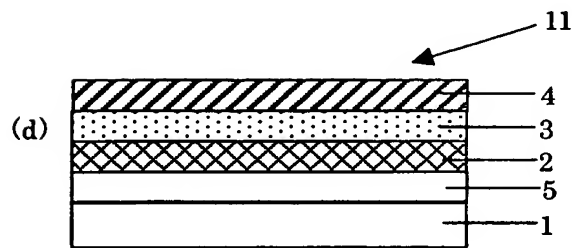
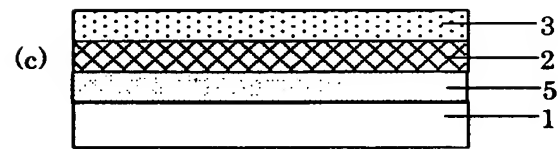
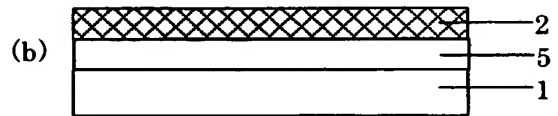
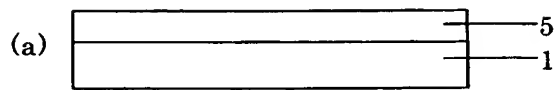
【図 2】



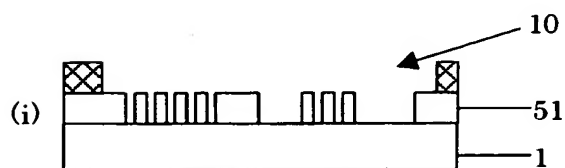
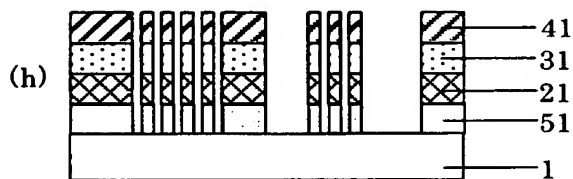
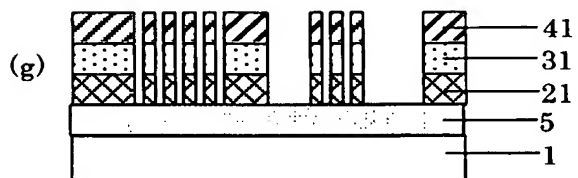
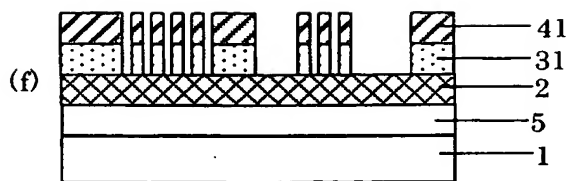
(0.4 μ m のライン & スペース)

BEST AVAILABLE COPY

【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ローディング効果によるCD精度の低下が問題となるフォトマスクの製造に関し、ローディング効果を抑制するための新たな手法を提供する。

【解決手段】 透光性基板上にクロムを含む材料からなる遮光膜を有し、かつ、マスク面内を大きな領域に分けて見た場合に異なる疎密度のパターン領域が混在するフォトマスクの製造方法において、

前記遮光膜のエッチングマスクとして、無機系エッチングマスクを用いたことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【選択図】 なし

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 0 5 9 2 1
受付番号	5 0 3 0 0 5 9 0 7 9 0
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 5 年 4 月 1 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 4月 9日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 0 5 9 2 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 1 3 2 6 3]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 2 月 1 0 日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号

氏 名

H O Y A 株式会社